Über das magnetische Verhalten von Zelleninhaltstheilen.

Von Dr. Wilhelm Velten.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. November 1876.)

a) Krystalle.

Wenn die Blattzellen der *Elodea canadensis* etwas zu kränkeln anfangen, scheiden sich ganz gewöhnlich aus dem Protoplasma Stängelchen aus, welche Krystallnadeln darstellen. Auf die chemische Zusammensetzung dieser Krystalle werde ich in meiner ausführlichen Mittheilung zurückkommen.

Diese Krystallnadeln schwimmen nach einiger Zeit frei in der Zellflüssigkeit umher und zeigen lebhafte Molecularbewegung oder sie bleiben eingebettet in eine schwer sichtbare, mehr oder weniger kugelförmige, äusserst wasserhaltige Protoplasmaschleimmasse, die in stetem Rückschritt, d. h. Auflösung begriffen scheint.

Beobachtet man das Verhalten dieser Stängelchen beim Durchleiten eines elektrischen Stromes von grösserer Stromstärke, so fällt es, wenn auch nicht immer, so doch häufig auf, dass sie sich zu der Lage der Pole der Metallelektroden einstellen, und zwar parallel dem einem Ruhmkorff entstammenden Strome.

Leicht ist dies zu beobachten, wenn man Stängelchen, eine starke mikroskopische Vergrösserung hier wie in dem Folgenden vorausgesetzt, in's Auge fasst, welche soeben senkrecht zum Strome in der Zellflüssigkeit tanzen; sie werden beim Stromschluss sofort um einen rechten Winkel herumgerissen.

Bisweilen sieht man, dass sie sich in dem Felde einstellen, ohne dabei vorwärts in der Richtung des negativen elektrischen Stromes zu schreiten, welch' letztere Eigenschaft sie im Allgemeinen mit Stärkekörnchen und dergleichen Körperchen theilen;

in diesem Falle ist die Erscheinung des Einstellens dann um so einfacher.

Meist aber werden sie parallel dem Strome momentan eingestellt und schreiten dann entweder in der dem Strome parallel aufgestellten Zelle direct demjenigen Wandtheil zu, welcher dem positiven Pole zunächst liegt oder sie werden in gleicher Weise aber schief zum Strome verschoben, was offenbar mit einer veränderlichen Vertheilung des elektrischen Stromes in dem Zellenaggregate im Zusammenhange zu stehen scheint.

Bedingung für das Zustandekommen der Erscheinung ist, dass das Stängelchen Molecularbewegung zeigt, d. h. mit andern Worten, dass es frei von Hindernissen in der Zellflüssigkeit sich befindet und daher der bewegenden Kraft der in meinem Falle gebotenen Mittel Folge leisten kann.

Die Zelle kann parallel oder rechtwinkelig zu dem elektrischen Strome liegen, das ist ganz gleichgültig, die Stängelchen stellen sich unabhängig von dieser Lage parallel dem Strome ein.

Eine Drehung der Stängelchen um 180° beim Umlegen des Commutators ereignet sich niemals.

Die Stängelchen erfahren somit eine bestimmte Richtung durch den elektrischen Strom.

Wollte man dieselbe in einer nicht direct wahrnehmbaren Wasserströmung begründet finden, so stösst diese Annahme auf Widerspruch, insoferne dann ebensogut das frei in der Zellflüssigkeit schwebende Körnchen, wenn auch etwaiger unbeweglicher Schleimmassen halber in geringem Grade in jedem Falle des Einstellens verschoben werden müsste, was wir nicht gesehen haben. Die Annahme, dass die Fortführung von festen Partikelchen und flüssigen durch den elektrischen Strom in entgegengesetzter Richtung nicht gleichzeitig eintrete, können wir nicht machen, da diese Annahme zu gekünstelt wäre. Es ist aber ein Umstand, welcher die Erscheinung nicht als eine secundäre auffassen lässt; es ist dies die auf einen Schlag erfolgende Einstellung parallel dem Strome, axial zu den Polen der Kette.

Sobald der Strom geöffnet wird, fängt das Stängelchen wiederum an, sich lebhaft in der verschiedensten Richtung zu bewegen. Hat es sich eingestellt, so ist keine Spur von Molecular-

bewegung vorhanden; es überwiegt daher die einstellende Kraft, die bei der Molecularbewegung wirksame.

Aus diesem Verhalten können wir schliessen, dass die bezeichneten Krystalle sich in der Richtung der Magnetkrystallaxe zwischen zwei Polen einstellen, wobei es noch anheimgestellt bleibt, ob die Substanz der Krystalle für sich sich magnetisch oder diamagnetisch verhält. Zweitens ergibt sich, dass der Magnetismus oder Diamagnetismus auch ohne eigentliche Magnetpole zu Stande gebracht werden kann. Dadurch, dass gewöhnliche Metallelektroden Magnete ersetzen, in der Voraussetzung, dass der hierauf zu prüfende Körper mikroskopisch klein oder wenig beeinflusst durch die Schwerkraft ist.

b) Stärkekörner.

Durch Zerreiben von frischen Kartoffeln, Abpressen, Abschlämmen derselben mit destillirtem Wasser sammelte ich mir reine Stärkekörner, neben welchen noch winzige Körnchen, die zumeist dem Protoplasma entstammten, zu sehen waren. Brachte ich das mit diesen Körpern versehene Wasser in ein in der Mitte capillar verengtes Glasrohr und leitete ich nun durch die Röhre hindurch einen starken Inductionsstrom, so wanderten die festen Partikelchen, wie wir dies durch die Untersuchungen Guinke's voraussetzen konnten, bei hinreichender Stromstärke alle in Richtung des negativen Stromes.

Hierbei ist ein bis jetzt nirgends beschriebenes Phänomen zu sehen, welches die Aufmerksamkeit erweckt. Die erste Folge gleichzeitig mit der erwähnten Vorwärtsbewegung eintretend, ist die, dass durch den elektrischen Strom die Stärkekörner an verschiedenen Punkten zusammenrutschen und grössere oder kleinere Reihen bilden; bei jedesmaligem Schliessen des Stromes rücken sie in der Längsrichtung und seitlich zusammen; beim Öffnen des Stromes sieht man sie regelmässig wiederum auseinanderweichen. Geht der elektrische Strom nicht zu kurze Zeit durch die Röhre, so wird die Dicke und Breite eines solchen Bandes bei hinreichender Stromstärke niemals beibehalten; das Band zieht sich immer mehr in die Länge; der mehrschichtige Stärkestrang wird immer dünner, reisst schliesslich an beliebigen Stellen auseinander und öfters kommt es dazu, dass er nur ein-

schichtig wird, so dass nunmehr nur eine einzige Reihe von Körnern sich über eine kleinere oder grössere Fläche erstreckend zu sehen ist, deren einzelne Theilchen, so lange der Strom dauert, dicht aneinander schliessen, als Ganzes vorwärts rücken und dabei häufig etwas pendeln, d. h. mit andern Worten, ganz schwache wurmartige Bewegungen ausführen.

Kommt zufällig zu einem solchen Stärkestrang ein vereinzeltes Korn herbeigelaufen, so setzt es sich mit einem Ruck an die Spitze des Stärkefadens an; befinden sich winzige Protoplasmakörnchen in der Nähe dieses Stranges, so kann es nicht entgehen, dass dieselben vornehmlich um die Spitzen eines solchen Fadens oder Bandes herum Rotationen in engen Bahnen ausführen, gerade so, wie sie sich vor Metallpolen, vor Metallelektroden, durch welche ein elektrischer Strom geht, bewegen würden; sie beschreiben elliptische Bahnen in verschiedenen Ebenen und werden wie mit einem Ruck, bald angezogen, bald abgestossen.

Fig. 1.

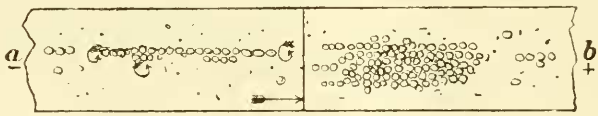
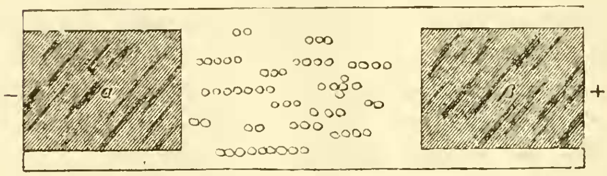


Fig. 2.



Die Erscheinungen, welche ich soeben beschrieb, zeigen sich fast noch deutlicher, wenn man, wie in Fig. II auf dem elektrischen Objectträger Wasser, in dem Stärkekörner suspendirt sind, ausbreitet und um den elektrischen Strom durch die Masse hindurchgehen lässt.

Bei den Stärkekörnern der Blattzellen von *Elodea canadensis* habe ich eine ähnliche Erscheinung wahrgenommen; auch dort schliessen die Körner, Reihen bildend, bei genügend starkem Inductionsstrome fest aneinander an, und wenn eine solche Reihe

nun in der Zelle rotirt, so ereignet es sich häufig, dass sehr kurze Reihen nicht an den Querwänden umbiegen, wie wir es bei vitalen Bewegungen des Zelleninhaltes sehen, sondern 2, 3, 4 wie ein Stab aneinander schliessende Körner rücken lediglich parallel mit sich selbst an der Querwand angekommen von einer Längswand zur andern, gehen dann, ihr vorher hinteres Ende nach Vorne gekehrt, in entgegengesetzter Richtung weiter.

In diesem Falle, wie in dem vorhin beschriebenen, verhalten sich solche Stäbe von Stärkekörnern magnetisch; sie stellen sich axial zu den Polen der Kette ein.

c) Gasblasen.

Vollkommen ähnliches Verhalten in Bezug auf magnetisches Verhalten von Reihen, welche aus materieller Substanz bestehen, nimmt man nun ferner wahr an Gasblasen, die aus Wasserstoff oder Sauerstoff bestehen, die man ebenfalls entweder in Glasröhren oder auf dem elektrischen Objectträger mit Wasser vermengt verfolgen kann.

Hierbei ist zu erwähnen, dass, wenn molecular fein vertheilte Zinntheilchen mit solchen Blasen in Berührung kommen, sie um einen Punkt der Blase und auf dieser selbst in engem Kreise rotiren, welcher Punkt der Lage nach der Ein- oder Austrittsstelle des elektrischen Stromes entspricht und ich habe auch schon gesehen, dass die Rotationen sich umdrehen, wenn man die Richtung des elektrischen Stromes wendet.

d) Organische Partikelchen.

In den Haarzellen der *Goldfussia glomerata*-Blätter bildet sich durch den elektrischen Strom reichlich Gerinnsel; eine grosse Zahl unregelmässig geformter Partikelchen flottiren dann in der Intracellularflüssigkeit; theils sind dieselben länglich. Schliesst man nun wiederholt einen Inductionsstrom von solcher Stärke, dass keine lebhafte Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung, welche das Bild trüben kann, der Inhaltstheile eintritt, so dass also höchstens eine langsame Bewegung in der einen oder andern Richtung zu Stande kommt, so ist auch hier bei den Körperchen von länglicher Form eine bestimmte Richtung zum durchgehen-

den Strome wahrzunehmen, die sofort weicht und in ein unstetes Zittern übergeht, sobald der Strom geöffnet wird. Die länglichen Partikelchen stellen sich axial; sie verhalten sich also geradeso wie magnetische Körperchen vor den Magnetpolen.

Fasst man diese verschiedenen, hier mitgetheilten Thatsachen zusammen, so sprechen alle Momente dafür, dass stets an der Eintritts- und Austrittsstelle des elektrischen Stromes in Kryställchen, in Stärkekörnern, in Gasblasen, in plasmatischen Partikelchen Pole inducirt werden, dass in Folge dessen mit ungleichnamigen Polen sich berührende Theilchen eng aneinander schliessen müssen und dass in allen Fällen bei mikroskopisch kleinen, in Flüssigkeiten schwebenden Körperchen Magnetismus erregt werden kann mit Hilfe eines Ruhmkorff'schen Inductionsstromes und gewöhnlicher Metallleitungen und Metallelektroden ohne Zuhilfenahme von Magneten, wie dies bis heute stets erforderlich war, um die Erscheinungen des Magnetismus und Diamagnetismus hervorzurufen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Eine Glasröhre capillar gefüllt mit Wasser, in dem Stärkekörner und Protoplasmakörnchen suspendirt sind. Bei *a* sieht man, wie die Stärkekörner durch den elektrischen Strom zusammengerutscht sind, fest aneinanderschliessen, axial zum Strome sich einstellen und wie an den Spitzen des Fadens sowohl wie auch an einer seitlichen Stelle Rotationen der kleinen Körnchen in Richtung der Pfeile stattfinden. Bei *b* beginnen Stärkekörner ein dickes breites Band bildend, sich in die Länge zu ziehen und sich axial zum Strome einzustellen.

Fig. 2. Elektrischer Objectträger mit Wasser überdeckt, welches Kartoffelstärkekörner enthält. α und β Stanniolpapier. Die eigenthümliche axiale Anordnung von eng aneinander gehefteten Stärkekörnern ist durch die Wirkung des elektrischen Stromes verursacht.